



172
PATENT
3673-0125P

IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Akio YAMAMOTO et al. Conf.: 4907
Appl. No.: 09/986,114 Group: 2613
Filed: November 7, 2001 Examiner: SENFI, BEHROOZ M
For: BALL MOTION MEASURING APPARATUS

LETTER

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

March 24, 2005

Sir:

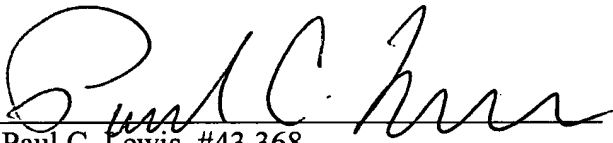
Further to the Request for Reconsideration and the Request for Continued Examination (RCE) filed March 21, 2005, submitted herewith is a Declaration Under 37 C.F.R. § 1.131 in connection with the above-identified application. It is requested that the Examiner consider this Declaration.

In the event there are any matters remaining in this application, the Examiner is invited to contact Paul C. Lewis, Registration No. 43,368 at (703) 205-8000 in the Washington, D.C. area.

If necessary, the Commissioner is hereby authorized in this, concurrent, and future replies, to charge payment or credit any overpayment to Deposit Account No. 02-2448 for any additional fees required under 37 C.F.R. §§ 1.16 or 1.17; particularly, extension of time fees.

Respectfully submitted,

BIRCH, STEWART, KOLASCH & BIRCH, LLP

By 
Paul C. Lewis, #43,368

PCL/cl
3673-0125P

P.O. Box 747
Falls Church, VA 22040-0747
(703) 205-8000



PATENT
3673-0125P

IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants: Akio YAMAMOTO et al. Conf.: 4907
Serial No.: 09/986,114 Art Unit: 2613
Filed: November 7, 2001 Examiner: Behrooz M.SENFI
For: BALL MOTION MEASURING APPARATUS

DECLARATION UNDER 37 C.F.R. §1.131

Assistant Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

MAR 24 2005

Sir:

I, Kengo OKA, residing at 1-1, Motomachi-dori 6-chome, Chuo-ku, Kobe, JAPAN do declare and say as follows:

1. I am a citizen and a qualified patent attorney under the laws of Japan.

2. I understand that the Examiner in charge of the above-identified application has made a rejection under 35 U.S.C. § 103(a) as being unpatentable over Rankin et al., U.S. Patent No. 5,489,099 in view of Edelson et al., U.S. Application Publication No. 2002/0054211. In addition, the Examiner has made a rejection under 35 U.S.C. § 103(a) as being unpatentable over Rankin et al., U.S. Patent No. in view of Edelson et al., U.S. Application Publication No. 2002/0054211 as applied to claim 1, and further in view of Yokota et al., U.S. Patent No. 5,905,530.

4. The Examiner relies on U.S. Provisional Application No. 60/245,710, from which the Edelson et al. reference claims priority under 35 U.S.C. § 119(e), as the effective date of the

Edelson et al. reference. Accordingly, the effective date of the Edelson et al. reference is November 6, 2000.

5. A verified translation of the Japanese priority application of the present application, i.e. Japanese Application No. 2000-339896, was filed in the U.S. Patent Office on January 14, 2005 in order to perfect the claim to priority of the present application to November 8, 2000.

6. The present invention was conceived **prior to November 6, 2000** and the present invention was constructively reduced to practice on November 8, 2000 by diligently filing Japanese Application No. 2000-339896 on November 8, 2000. As evidence of prior invention, the following facts and documents are provided:

(A). A copy of a first draft of the specification of the present invention was sent by me to the intellectual property department of the Assignee of the present application, Sumitomo Rubber Industries, Ltd. prior to November 6, 2000. A copy of the first draft of the specification in the Japanese language is attached to the present Declaration. Also attached to the present Declaration is a translation of the claims of the first draft.

(B). The intellectual property department of the Assignee of the present application, Sumitomo Rubber Industries, Ltd.

Application Serial No. 09/986,114
Attorney Docket No. 3673-0125P

instructed me to make some minor modifications of the first draft. A second draft was prepared and sent to the intellectual property department of the Assignee of the present application, Sumitomo Rubber Industries, Ltd. on November 6, 2000.

(C). The intellectual property department of the Assignee of the present application, Sumitomo Rubber Industries, Ltd. instructed me to file the application with the second draft of the specification (Japanese Application No. 2000-339896) on November 8, 2000 after making some minor amendments to the second draft. A first difference between the second draft and Japanese Application No. 2000-339896 (and the present application) was changing page 5, line 12 from " ± 10 degrees" to " ± 5 degrees." A second difference between the second draft and Japanese Application No. 2000-339896 (and the present application) was changing page 12, line 12 to specify that the horizontal view angle was 45.24 degrees. In addition, claim 6 of the second draft was a multiple dependent claim, which corresponds to claims 2, 5 and 8 of the present application. As mentioned above, a verified translation of the specification of Japanese Application No. 2000-339896 was submitted to the U.S. Patent Office on January 14, 2005. Since the second draft was the same as Japanese Application No. 2000-339896 except for the above changes,

a copy of the second draft has not been attached to the present Declaration.

(D). With regard to the differences between the first draft and the present application, referring to the translation of the claims of the first draft, claim 1 of the first draft corresponds substantially to claim 1 of the present application, except that the recitation "corrected image" in the first draft was changed to "magnified image." In addition, claims 2, 3 and 4 of the first draft substantially correspond to claims 3, 4 and 6, respectively, of the present application. Furthermore, claim 5 of the first draft substantially corresponds to claim 7 of the present application, except that "at infinity" was added to claim 7 of the second draft.

(E). In view of the above, the first draft specification, the second draft specification and the specification filed as Japanese Application No. 2000-339896 were substantially the same except for the above-mentioned minor amendments. In view of this, the first draft specification fully supports the claims of the present application.

3. I hereby declare that all statements made herein of my own knowledge are true and that all statements made on information and belief are believed to be true; and further that

Application Serial No. 09/986,114
Attorney Docket No. 3673-0125P

these statements were made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under Section 1001 of Title 18 of the United States Code and such willful false statements may jeopardize the validity of the application or any patent issuing thereon.

March 24. 2005
Date

By 岡 憲吾
Kengo OKA

Enclosure: First Draft Specification
Translation of Claims of First Draft Specification



English Translation of claims of First Draft

1. A ball motion measuring apparatus comprising:
a CCD camera for photographing a flying ball to obtain original image data;
a calculating section for carrying out a magnifying process over a part including a ball image in an original image, thereby calculating corrected image data; and
a display section for displaying a corrected image based on the corrected image data.
2. A ball motion measuring apparatus comprising:
a CCD camera for photographing a flying ball to obtain original image data; and
a calculating section for correcting a coordinate error made by a distortion of an original image which is caused by a lens of the CCD camera, thereby calculating correction data.
3. The ball motion measuring apparatus according to claim 2, wherein the coordinate error is corrected based on a correction ratio determined by a distance from a center of the original image.
4. A ball motion measuring apparatus comprising:
a CCD camera for photographing a flying ball to obtain original image data; and
a calculating section for correcting a coordinate error made by a shift of a direction of a ball image from a direction of an optical axis of the CCD camera, thereby calculating correction data.
5. The ball motion measuring apparatus according to claim 4, wherein the correction of the coordinate error serves to convert data obtained from an original image into data obtained by photographing a front part of the ball.
6. The ball motion measuring apparatus according to claim 5, wherein the CCD camera has a focal distance of \blacklozenge mm or less.

first draft

貴ファイル:K1000479

弊ファイル:P-0185/S

平成12年10月26日

住友ゴム工業株式会社
知的財産部
ご担当 住友 教郎 様

神戸市中央区元町通6丁目1番1号
栄ビルディング8階
岡 特 許 事 務 所
TEL:078-366-2424 FAX:078-366-2428
E-mail:sakurabasi.oka@nifty.ne.jp
弁理士 岡 憲吾

書類送付の件



拝啓 時下ますますご清栄のこと、お慶び申し上げます。

さて、下記の案件につき原稿を作成しましたので、お送りいたします。ご検討のほど、宜しくお願い申し上げます。

敬具

記

1. 法域： 特許
2. 種別： 新規出願
3. 出願番号： 未
4. 名称： ボール運動計測装置
5. 添付書類
 - 願書： 1 枚
 - 明細書： 1 9 枚（表を含む）
 - 図面： 5 枚
 - 要約書： 1 枚

・特に明細書中の◆部分についてご検討下さい。

以上

【書類名】 特許願
【整理番号】 P-0185
【提出日】 平成 年 月 日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G01B 11/00
【発明の名称】 ボール運動計測装置
【請求項の数】 6
【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県神戸市中央区脇浜町3丁目6番9号 住友ゴム
工業株式会社内

【氏名】 山本 晃生

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県神戸市中央区脇浜町3丁目6番9号 住友ゴム
工業株式会社内

【氏名】 川松 英明

【特許出願人】

【識別番号】 000183233

【氏名又は名称】 住友ゴム工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100107940

【弁理士】

【氏名又は名称】 岡 憲吾

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 091444

【納付金額】 21000

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0 0 0 1 5 3 3

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ボール運動計測装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 飛行中のボールを撮影して原画像データを得るための CCD カメラと、

この原画像のうちボール像を含む一部分を拡大する補正処理を行って補正画像データを算出する演算部と、

この補正画像データに基づいて補正画像を表示する表示部と、
を備えているボール運動計測装置。

【請求項 2】 飛行中のボールを撮影して原画像データを得るための CCD カメラと、

この CCD カメラのレンズに起因する原画像の歪みによって生じた座標誤差を補正して補正データを算出する演算部と、
を備えたボール運動計測装置。

【請求項 3】 上記座標誤差の補正が、原画像の中心からの距離に応じて決定される補正率に基づいてなされる請求項 2 に記載のボール運動計測装置。

【請求項 4】 飛行中のボールを撮影して原画像データを得るための CCD カメラと、

この CCD カメラの光軸方向とボール像方向とのずれによって生じた座標誤差を補正して補正データを算出する演算部と、
を備えたボール運動計測装置。

【請求項 5】 上記座標誤差の補正が、原画像から得られたデータをボール正面から撮影された場合のデータに変換するものである請求項 4 に記載のボール運動計測装置。

【請求項 6】 上記 CCD カメラのレンズの焦点距離が ◆ mm 以下である請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載のボール運動計測装置。

<<◆将来広角レンズに減縮する場合を考慮し、請求項 5 を立てております。「広角レンズ」の定義は、このような焦点距離の規定で宜しいでしょうか。>>

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えばゴルフボール、テニスボール等のボールの運動計測装置に関する。詳細には、本発明は、CCDカメラによって得られた画像データの利用によってボールの運動を計測する装置に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

ゴルフボールがゴルフクラブで打撃されると、いわゆるバックスピンを伴って飛行する。このバックスピンは、水平であって打撃方向と直交する方向（以下、「z方向」と称される）を軸とする回転である。バックスピンによってゴルフボールに揚力が働き、この揚力がゴルフボールの飛距離を増大させる。またゴルフボールは、いわゆるサイドスピンを伴って飛行することもある。このサイドスピンは、鉛直方向（以下、「y方向」と称される）を軸とする回転である。このサイドスピンにより、ゴルフボールが左に曲がったり（右利きゴルファーにとってのドローボール）、右に曲がったり（右利きゴルファーにとってのフェードボール）する。さらにゴルフボールは、水平であって打撃方向と同一方向（以下、「x方向」と称される）を軸とする回転を伴って飛行することもある。

【 0 0 0 3 】

スピンの方向と回転速度とは、その後のゴルフボールの弾道に大きく影響を及ぼす。同様に、ゴルフボールの飛行方向及び飛行速度も、その後の弾道に大きく影響を及ぼす。スピン、飛行方向及び飛行速度の計測は、ゴルファーのスイングフォームの診断に有効である。また、ゴルフボールやゴルフクラブの評価においてもこれらの計測は有効であり、ゴルフボール及びゴルフクラブの開発段階ではこれらの計測が不可避となっている。

【 0 0 0 4 】

特開平3-210282号公報には、飛行中の球体をカメラで2回撮影し、得られた2枚の画像から球体の飛行速度を計測する装置が開示されている。この装置では、2枚の画像から球体の移動距離が求められ、この移動距離が撮影間隔時間で除されることによって、飛行速度が算出される。

【０００５】

特許第２８１０３２０号公報には、飛行中のゴルフボールを所定時間を隔てて２回撮影し、得られた２枚の画像からスピン速度を算出する計測方法が開示されている。この計測方法では、ゴルフボール表面に印された認識マークが第一画像及び第二画像から読みとられ、これに基づいて第一画像から第二画像に至るまでの回転角度が求められる。この回転角度と撮影間隔時間とによって、スピン速度が算出される。

【０００６】

特開平１０－１８６４７４号公報には、飛行中の球体を２台のカメラでタイミングをずらして撮影し、得られた２枚の画像からスピン速度、飛行速度及び飛行方向を算出する計測方法が開示されている。

【０００７】

【発明が解決しようとする課題】

飛行中のゴルフボールをカメラで撮影する場合は、例えば打撃から所定時間経過後のゴルフボールの位置を予測し、この位置が視野範囲に含まれるようにカメラの位置を決定する必要がある。ゴルフクラブのヘッド速度はゴルファーによって大きく異なる。また、ドライバー（Ｗ１）からウェッジまで種々のゴルフクラブが存在し、このゴルフクラブの種類によってヘッド速度及び打ち出し角度が大きく異なる。従って、打撃から所定時間経過後のゴルフボールの位置は、ゴルファーごとに又は使用クラブごとに、大幅に変動する。よって、打撃から所定時間経過後のゴルフボールの位置を予測することは、容易ではない。この予測ができた場合でも、頻繁にカメラ位置を変更する作業は繁雑である。

【０００８】

焦点距離の短いレンズ（広角レンズ）を用いれば、カメラの視野範囲を広くすることができる。従って、打撃するゴルファーが交代したり、使用クラブが変更された場合でも、頻繁にカメラ位置を変更する必要がなくなる。

【０００９】

しかしながら、広角レンズで得られた画像ではボール像が小さくなってしまう。従って、例えばオペレーターがボール像の所定ポイントを入力ペン等でポイン

ティングしてスピン速度等を計測する場合に、ポインティング精度が低下してしまうという問題がある。また、広角レンズで得られた画像は周辺部分（画像中心からの距離が大きな部分）の歪みが激しいので、真の座標と画像上の見かけ座標とが大幅にずれて計測値の精度が不十分となることがある。さらに、広角レンズでの撮影では画像の中心にボールが位置しないことが多い。このため正面からボールを撮影することができず斜め方向から撮影することとなり、やはり真の座標と画像上の見かけ座標とが大幅にずれて計測値の精度が不十分となることがある。

【 0 0 1 0 】

本発明はこのような問題に鑑みてなされたものであり、精度よくボールの運動を計測することができる装置の提供を目的とするものである。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するためになされた発明は、
飛行中のボールを撮影して原画像データを得るためのＣＣＤカメラと、
この原画像のうちボール像を含む一部分を拡大する補正処理を行って補正画像データを算出する演算部と、
この補正画像データに基づいて補正画像を表示する表示部と、
を備えているボール運動計測装置、
である。

【 0 0 1 2 】

このボール運動計測装置では、原画像のうちボール像を含む部分のみが表示部に拡大表示される。従って、オペレーターがボール像の所定ポイントをポインティングする場合におけるポインティング精度が高い。よって、精度のよい計測値（スピン速度、飛行速度、飛行方向等の計測値）が得られる。以下、この補正は「拡大補正」とも称される。

【 0 0 1 3 】

また、上記の目的を達成するためになされた他の発明は、
飛行中のボールを撮影して原画像データを得るためのＣＣＤカメラと、

このCCDカメラのレンズに起因する原画像の歪みによって生じた座標誤差を補正して補正データを算出する演算部と、
を備えたボール運動計測装置、
である。

【0014】

このボール運動計測装置では、真の座標と原画像上の見かけ座標とのずれが補正される。すなわち、レンズに起因する原画像周辺部分の歪みが修正された補正データが得られる。従って、ボール運動が精度よく計測される。以下、この補正は「歪み補正」とも称される。

【0015】

好ましくは、座標誤差の補正は、原画像の中心からの距離に応じて決定される補正率に基づいてなされる。これにより、さらに計測精度が向上する。

【0016】

また、上記の目的を達成するためになされたさらに他の発明は、
飛行中のボールを撮影して原画像データを得るためのCCDカメラと、
このCCDカメラの光軸方向とボール像方向とのずれによって生じた座標誤差を補正して補正データを算出する演算部と、
を備えたボール運動計測装置、
である。

【0017】

このボール運動計測装置でも、真の座標と原画像上の見かけ座標とのずれが補正される。従って、ボール運動が精度よく計測される。具体的には、原画像から得られたデータが、ボール正面から撮影された場合のデータに変換される。以下、この補正は「斜視補正」とも称される。

【0018】

これらの画像補正は、特に広角レンズ（焦点距離が◆ mm以下であるレンズ）が用いられた計測において効果的である。もちろん、標準的なレンズや望遠レンズが用いられる場合でも、精度向上の効果は得られる。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、適宜図面が参照されつつ、実施形態に基づいて本発明が詳細に説明される。

【0020】

図1は、本発明の一実施形態にかかるボール運動計測装置が示された平面図である。また、図2は、その正面図である。このボール運動計測装置は、ゴルフボールの運動（スピン速度、飛行速度、打ち出し角度等）を計測するための装置である。このボール運動計測装置は、ゴルフボール1を載置するためのティ3と、第一カメラ5と、第二カメラ7と、一对の第一ストロボ9と、一对の第二ストロボ11と、一对の光学センサ13と、演算部であるCPU15と、表示部であるモニタ17とを備えている。第一カメラ5及び第二カメラ7は、シャッター機能を備えたCCDカメラである。このCCDカメラのレンズは広角レンズであり、その焦点距離は◆ mm以下である。第一カメラ5及び第二カメラ7のシャッターの開閉は、後述されるトリガー信号を受け取った制御部（図示されず）が行う。

【0021】

このボール運動計測装置でゴルフボール1の運動が計測されるときは、まずティ3にゴルフボール1が載置され、ゴルファー19がゴルフクラブ21をスイングする。すると、ヘッド23が光学センサ13の直上を通過する。2個の光学センサ13、13のそれぞれの通過時間のずれから、ヘッドスピードが算出される。ヘッド23の通過により、光学センサ13からはトリガー信号が発せられる。

【0022】

その後、ヘッド23がゴルフボール1と衝突する。ゴルフボール1は、図2における右斜め上方向に打ち出される。光学センサ13がトリガー信号を発してから所定時間経過後に、第一カメラ5のシャッターが開く。また、これと同期して第一ストロボ9が発光する。これにより、第一カメラ5に原画像が撮影される。第一カメラ5による撮影からさらに所定時間経過後に、第二カメラ7のシャッターが開く。また、これと同期して第二ストロボ11が発光する。これにより、第

二カメラ 7 にも原画像が撮影される。いずれの原画像も、静止画像である。それぞれの原画像データは CPU 15 に送られる、ここで後に詳説される処理が施される。

【 0 0 2 3 】

第一カメラ 5 及び第二カメラ 7 の位置は、飛行するゴルフボール 1 が撮影されるように決定される。通常は、平均的なヘッドスピードのゴルファー 19 が標準的なゴルフクラブ 21 をスイングしたときに、原画像のほぼ中央にゴルフボール 1 が撮影されるように、カメラ 5、7 の位置が決定される。こうすれば、レンズが広角であることと相まって、ゴルファー 19 が交代した場合やゴルフクラブ 21 が変更されたときでも、ほぼすべての原画像にゴルフボール 1 を撮影することができる。打撃音を検知する音声センサが設けられ、この音声センサがトリガー信号を発するようにボール運動計測装置が構成されてもよい。

【 0 0 2 4 】

図 3 (a) には、第一カメラ 5 で撮影された原画像が示されている。第一カメラ 5 に広角レンズが用いられているため、この原画像においてボール像 25 は小さく撮影されている。図 3 (b) は、原画像データに拡大補正がなされて得られた補正画像が示されている。この拡大補正は、図 3 (a) の原画像のうち二点鎖線で囲まれた長方形の部分を拡大するものである。モニタ 17 には、この補正画像が表示される。

【 0 0 2 5 】

図 3 (b) に示されるように、ゴルフボール 1 の表面には黒く塗りつぶされた認識マーク 27 が設けられている。オペレーターは、モニタ 17 の画面上でこの認識マーク 27 をポインティングする。ポインティングには、入力ペン等が用いられる。ポインティングにより、読み取り値が読み取られる。ボール像 25 は拡大表示されているため、ポインティング時の読み取り値誤差が生じにくい。第二カメラ 7 によって撮影された原画像も同様に拡大補正がなされ、補正画像がモニタ 17 に表示される。そして、認識マーク 27 がポインティングされる。

【 0 0 2 6 】

2 つの補正画像の読み取り値から、第一カメラ 5 での撮影から第二カメラ 7 で

の撮影に至るまでのゴルフボール1の回転角度が求められる。この回転角度と、第一カメラ5での撮影時から第二カメラ7での撮影時までの間隔時間とから、ゴルフボール1のスピンの速度が算出される。ポインティングの精度が高いので、得られるスピンの速度のデータも高精度である。ポインティングによって打ち出し角度、飛行速度等が計測されてもよい。この場合でも、拡大補正によってデータが高精度となる。

【0027】

レンズを介して撮影された原画像には、歪みが生じる。特に、広角レンズが用いられた場合は、歪みが大きい。図4は、マス目模様（方眼紙の模様）を備えたサンプルプレートが第一カメラ5で撮影されたサンプル画像29である。この図からも明らかなように、サンプル画像29の中心近傍のマス目31は正方形に近い輪郭形状であるが、周辺部のマス目33は歪んでいる。サンプル画像29の中心からの距離が大きいほど、歪みの程度も大きい。このことから明らかなように、ゴルフボール1が第一カメラ5で撮影された場合は、原画像データにおける見かけ座標に、真の座標との誤差が生じている。

【0028】

サンプルプレートにおける座標（真の座標）は、あらかじめ把握されている。サンプル画像29（図4に示された画像）から所定ポイントを抽出し、この所定ポイントをポインティングすることで、見かけ座標と真の座標との誤差幅が得られる。この誤差幅に基づいて、補正率が算出される。補正率は一律ではなく、画像中心からの距離に応じて変動する。すなわち、周辺寄りの部分ほど補正率が大きい。

【0029】

この補正率に基づいて、原画像データから得られた読み取り値に歪み補正処理が施され、補正データが得られる。同様に、第二カメラ7の原画像データから得られた読み取り値にも歪み補正処理が施され、補正データが得られる。2つの補正データから、ゴルフボール1の運動が精度よく計測されうる。

【0030】

図5は、第一カメラ5による撮影の様子が示された平面図である。この図にお

いて直線Lは第一カメラ5の光軸方向を表しており、直線Sは基準面を表している。この基準面は、x-y方向に延びる平面である。直線Lと直線Sとは、基準点Oで直交している。また、点Pはレンズの焦点を表しており、点Qはゴルフボール1の表面に設けられた認識マーク27の位置を表しており、点Rは点Qが基準面に投影された点を表している。ゴルフボール1はほぼx方向（図5における右方向）であって、かつやや上向き（y方向）に飛行する。図5に示された状態で撮影された原画像では、第一カメラ5からみたボール像方向は、光軸方向からずれている。ボール像は、原画像の右寄りに位置する。

【0031】

点T0は、ゴルフボール1の中心である。基準点Oを原点としたときの中心T0の真のx座標は、aである。原画像データでは、ゴルフボール1の一端が点T1と把握され、他端が点T2と把握される。従って、点T1と点T2との中点T3がゴルフボール1の見かけ中心と把握され、基準点Oを原点としたときのゴルフボール1の見かけ中心のx座標がa'と把握される。すなわち、原画像データにおける見かけ座標では、真の座標（ゴルフボール1が正面から撮影されたと仮定したときの座標）との間に誤差が生じている。ゴルフボール1の半径がrとされると、真のx座標aは、下記数式によって算出されうる。

$$a = a' \times (L^2 - r^2) / L^2$$

【0032】

ゴルフボール1は斜め上に向けて打ち出されるので、ゴルフボール1の中心のy座標もゼロではない。第一カメラ5で撮影された原画像データにおける見かけのy座標をb'とし、真のy座標をbとすると、真のy座標bは下記数式によって算出されうる。

$$b = b' \times (L^2 - r^2) / L^2$$

【0033】

このように、原画像データから得られた読み取り値（a'及びb'）が、ボール正面から撮影された場合の補正データ（a及びb）に変換され、ゴルフボール1の中心の真の座標（a, b, 0）が決定される。

【0034】

第二カメラ7の原画像データから得られた読み取り値にも、同様な斜視補正が施される。そして、第一カメラ5の補正データと第二カメラ7の補正データとから、ゴルフボール1の飛行速度、打ち出し角度等が精度よく計測される。なお、ゴルファー19のスイング軌道が真っ直ぐでない場合やミスショットの場合は、ゴルフボール1の中心が基準面からずれることがある。すなわち、ゴルフボール1の中心のz座標がゼロでない場合もある。この場合は、z方向のずれも考慮されて、補正がなされるのが好ましい。z方向のずれ幅は、例えば原画像におけるボール像の大きさから算出されうる。

【0035】

<<◆以下の2つの段落の記載には、自信がございません。ご確認下さい。>>

点Rの座標を $(u', v', 0)$ とし、ゴルフボール1の中心T0が光軸Lにあると仮定した場合の点Qの位置を点Q₀とする。また、ゴルフボール1の中心を原点としたときの点Q₀の座標を、 (x_0, y_0, z_0) とする。また、線分PQの長さを、線分PRの長さのk倍とする。点Q₀は球面上の点なので、下記数式(I)で示される関係が成り立つ。

$$x_0^2 + y_0^2 + z_0^2 = r^2 \quad \text{--- (I)}$$

また、点Qの座標は $(x_0 + a, y_0 + b, z_0)$ であるから、下記数式(II) ~ (IV)も成り立つ。

$$x_0 + a = k \times u' \quad \text{--- (II)}$$

$$y_0 + b = k \times v' \quad \text{--- (III)}$$

$$z_0 - L = - (k \times L) \quad \text{--- (IV)}$$

【0036】

u' 及び v' の値は原画像データから読み取られるので、数式(I) ~ (IV)によって x_0 、 y_0 及び z_0 の値が決定されうる。同様に、第二カメラ7で得られた原画像データからも、 x_0 、 y_0 及び z_0 の値が決定されうる。そして、これらの補正データに基づいて、ベクトル計算によってスピン速度が算出されうる。ベクトル計算の一例としては、特許第2810320号公報に開示された手法が挙げられる。斜視補正がなされた後の補正データからスピン速度が得られるので、その精度は高い。

【0037】

このボール運動計測装置は、ボール像がモニタ17に表示され、この表示画面をオペレーターがポインティングすることによって読み取り値が読み取られるように構成されているが、画像処理等によって自動で読み取りがなされてもよい。自動読み取りの場合は、モニタ17が省略されてもよい。

【0038】

このボール運動計測装置では2台のカメラで2個の原画像が撮影されるが、カメラが3台以上設けられてもよい。また、1台のカメラで撮影された原画像に2以上のボール像が撮影されるように、ボール運動計測装置が構成されてもよい。

【0039】

このボール運動計測装置では、拡大補正、歪み補正及び斜視補正がなされうるが、これら3つの補正のうちの任意の1つ又は2つがなされるように、ボール運動計測装置が構成されてもよい。

【0040】

[実験1]

[実験例A]

第一カメラ及び第二カメラとして、広角レンズを備えたCCDカメラを用意した。このレンズは、焦点Pと基準面との距離が300mmであるときの視野幅が250mmのものである。原画像のほぼ中央にボール像が撮影されるように両カメラの位置を調整し、ティに載置されたゴルフボールを打撃した。そして、飛行中のゴルフボールを2個のカメラでタイミングをずらして撮影して2枚の原画像を得た。この原画像をモニタに表示し、オペレーターによる認識マークのポインティングにより、ゴルフボールの飛行速度、打ち出し角度、バックスピン速度及びサイドスピン速度を算出した。ポインティングと算出とを10回繰り返し、ばらつき($4 \times \sigma$)を求めた。

【0041】

[実験例B]

上記実験例Aで得られた原画像データに拡大率が2倍の拡大補正を施して補正画像を得た。この補正画像に基づいて実験例Aと同様のポインティングと算出と

を10回繰り返し、ばらつき ($4 \times \sigma$) を求めた。

【0042】

【表1】

【0043】

表1において、実験例Bの方が実験例Aよりも計測値のばらつきが少ない。このことから、拡大補正によって計測の精度が向上することが解る。

【0044】

[実験2]

[実験例C]

実験例Aと同様の第一カメラ及び第二カメラを用意した。原画像の左下寄りにボール像が撮影されるように第一カメラの位置を調整し、原画像の右上寄りにボール像が撮影されるように第二カメラの位置を調整した。そして、飛行中のゴルフボールを2個のカメラでタイミングをずらして撮影し、得られた原画像を2倍に拡大補正して2枚の補正画像を得た。この補正画像をモニタに表示し、オペレーターによる認識マークのポインティングにより読み取り値を得た。この読み取り値から、ゴルフボールの飛行速度及び打ち出し角度を算出した。ポインティングと算出とを10回繰り返し、平均値を求めた。

【0045】

[実験例D]

上記実験例Cのポインティングで得られた読み取り値に斜視補正を施して、補正データを得た。そして、この補正データから飛行速度及び打ち出し角度の平均値を求めた。

【0046】

[実験例E]

上記実験例Cのポインティングで得られた読み取り値に歪み補正を施して、補正データを得た。そして、この補正データから飛行速度及び打ち出し角度の平均値を求めた。

【0047】

[実験例 F]

上記実験例 C のポインティングで得られた読み取り値に斜視補正及び歪み補正を施して、補正データを得た。そして、この補正データから飛行速度及び打ち出し角度の平均値を求めた。

【0048】

[参照例]

第一カメラのボール像位置とほぼ同位置に、上下にレーザビームが通過する第一センサを設置した。また、第二カメラのボール像位置とほぼ同位置に、上下にレーザビームが通過する第二センサを設置した。そして、ゴルフボールが第一センサを通過してから第二センサを通過するまでの時間を計測し、飛行速度を求めた。この飛行速度は、真値に近いものである。また、第二カメラのボール像よりも飛行方向前方に、左右にレーザビームが通過するラインセンサを設置した。そして、このラインセンサを通過する際のゴルフボールの高さとティに載置されたゴルフボールの高さから、打ち出し角度を求めた。この打ち出し角度は、真値に近いものである。

【0049】

【表 2】

【0050】

表 2 より、歪み補正によって計測値が真値に近づくことが解る。また、斜視補正によって計測値が真値に近づくことも解る。

【0051】

[実験 3]

[実験例 G]

XY テーブルを用意し、これを基準面に設置した。そして、2 個のゴルフボールを XY テーブルに固定した。2 個のゴルフボールの位置関係（バックスピンを含む関係）は、打撃されたゴルフボールの弾道からタイミングをずらして 2 回の撮影が行われた場合の 2 個のボール像の位置関係とほぼ同等となるようにした。一方、実験例 A と同様の第一カメラ及び第二カメラを用意した。原画像の中央に

一方のゴルフボールが撮影されるように第一カメラの位置を調整し、原画像の左寄りに他方のゴルフボールが撮影されるように第二カメラの位置を調整した。そして、それぞれのカメラで得られた2枚の原画像に、拡大補正（2倍）を施して、2枚の補正画像を得た。この補正画像をモニタに表示し、オペレーターによる認識マークのポインティングにより読み取り値を得た。この読み取り値に歪み補正を施して、補正データを得た。この補正データから、バックスピン及びサイドスピンの速度を算出した。ポインティングと算出とを10回繰り返し、平均値を求めた。

【0052】

〔実験例H〕

歪み補正と共に斜視補正を施して補正データを得た他は実験例Gと同様にして、バックスピン速度及びサイドスピン速度の平均値を求めた。

【0053】

〔実験例I〕

XYテーブル上で他方のゴルフボールを回転させることなく移動させ、この原画像の右寄りにこのゴルフボールが撮影されるようにした他は実験例Gと同様にして、バックスピン速度及びサイドスピン速度の平均値を求めた。

【0054】

〔実験例J〕

歪み補正と共に斜視補正を施して補正データを得た他は実験例Iと同様にして、バックスピン速度及びサイドスピン速度の平均値を求めた。

【0055】

〔実験例K〕

第一カメラ及び第二カメラとして、望遠レンズを備えたCCDカメラを用意した。このレンズは、焦点Pと基準面との距離が2300mmであるときの視野幅が60mmのものである。XYテーブル上のゴルフボールを回転させることなく移動させて、ボール像が原画像のほぼ中央に撮影されるように位置を調整した。そして、それぞれのカメラで得られた2枚の原画像に補正を施すことなくモニタに表示した。表示されたボール像は、十分に大きいものであった。オペレーター

による認識マークのポインティングにより、バックスピン及びサイドスピンの速度を算出した。ポインティングと算出とを10回繰り返し、平均値を求めた。得られたバックスピン及びサイドスピンの速度は、真値に近いものである。

【0056】

【表3】

【0057】

表3より、広角レンズが用いられた場合でも、斜視補正によって計測値が真値に近づくことが解る。

【0058】

以上ゴルフボールが一例とされて本発明のボール運動計測装置が説明されたが、本発明は例えばテニスボール等の全てのボールの計測に用いられうる。

【0059】

【発明の効果】

以上説明されたように、本発明のボール運動計測装置が用いられれば、ボールの運動が精度よく計測されうる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

図1は、本発明の一実施形態にかかるボール運動計測装置が示された平面図である。

【図2】

図2は、図1のボール運動計測装置が示された正面図である。

【図3】

図3（a）は原画像が示された正面図であり、図3（b）は補正画像が示された正面図である。

【図4】

図4は、マス目模様を備えたサンプルプレートが撮影されたサンプル画像である。

【図5】

図5は、第一カメラによる撮影の様子が示された平面図である。

【符号の説明】

- 1 . . . ゴルフボール
- 5 . . . 第一カメラ
- 7 . . . 第二カメラ
- 9 . . . 第一ストロボ
- 11 . . . 第二ストロボ
- 13 . . . 光学センサ
- 15 . . . CPU
- 17 . . . モニタ
- 25 . . . ボール像
- 27 . . . 認識マーク

表 1 実験 1 の結果

		実験例 A	実験例 B
レンズ種類		広角	広角
拡大補正率		なし	× 2
歪み補正		なし	なし
斜視補正		なし	なし
原画像における	第一カメラ	中央	中央
ボール像位置	第二カメラ	中央	中央
バ ラ ツ キ	飛行速度 (m/s)	0. 1 8	0. 1 1
	打ち出し角度 (deg.)	0. 3 1	0. 1 5
	バックスピン速度 (rpm)	1 8 0	8 8
	サイドスピン速度 (rpm)	1 6 8	8 4

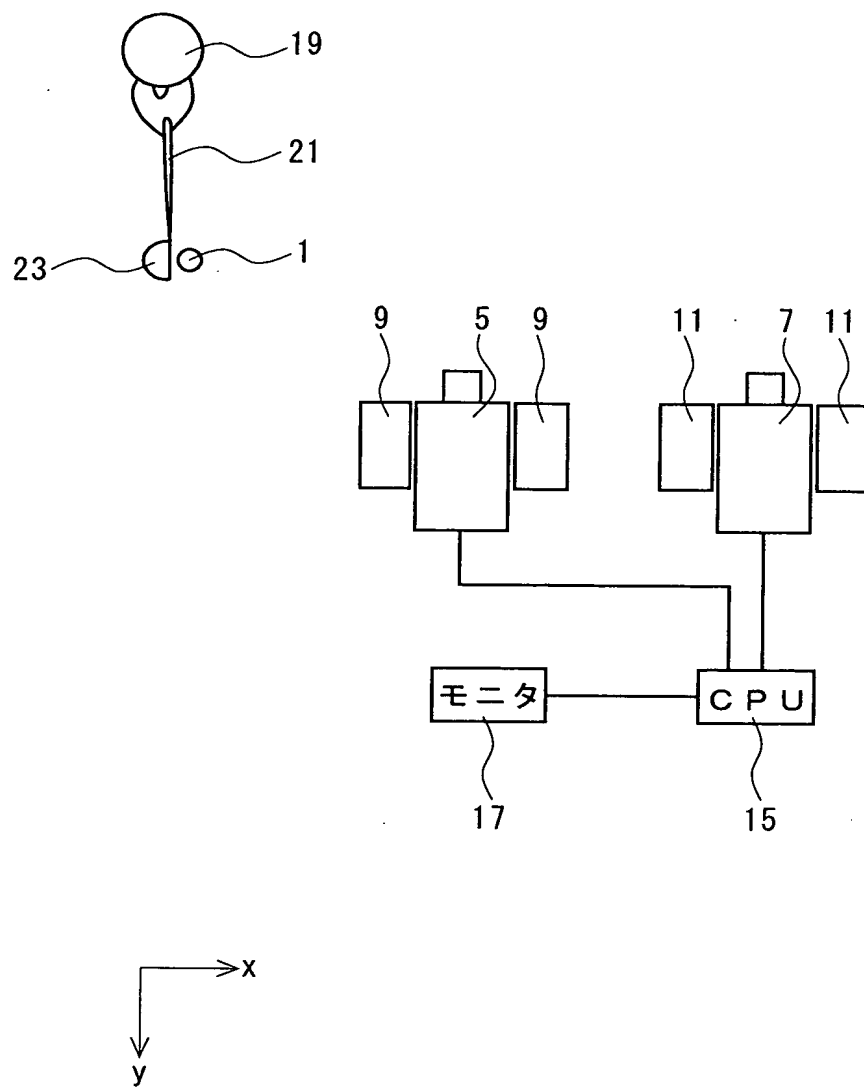
表 2 実験 2 の結果

		実験例 C	実験例 D	実験例 E	実験例 F	参照例 (真値)
レンズ種類		広角	広角	広角	広角	レーザ センサ による 測定
拡大補正率		× 2	× 2	× 2	× 2	
歪み補正		なし	なし	あり	あり	
斜視補正		なし	あり	なし	あり	
原画像における	第一カメラ	左下	左下	左下	左下	
ボール像位置	第二カメラ	右上	右上	右上	右上	
飛行速度 (m/s)		56.3	56.3	58.0	57.8	57.8
打ち出し角度 (deg.)		11.2	11.2	12.1	12.1	12.1

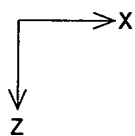
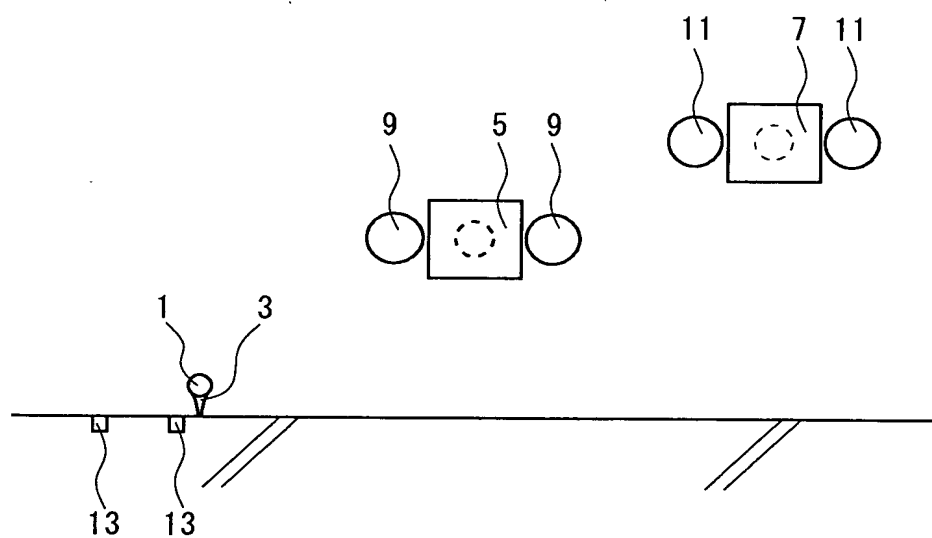
表 3 実験 3 の結果

		実験例 G	実験例 H	実験例 I	実験例 J	実験例 K
レンズ種類		広角	広角	広角	広角	望遠
拡大補正率		× 2	× 2	× 2	× 2	なし
歪み補正		あり	あり	あり	あり	なし
斜視補正		なし	あり	なし	あり	なし
原画像における	第一カメラ	中央	中央	中央	中央	中央
ボール像位置	第二カメラ	左	左	右	右	中央
バックスピン速度 (rpm)		2183	2410	3243	2399	2420
サイドスピン速度 (rpm)		781	103	-2323	126	140

【図 1】

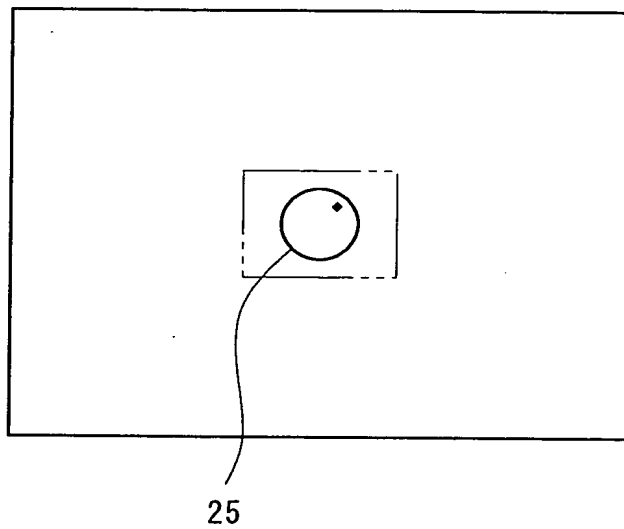


【図 2】

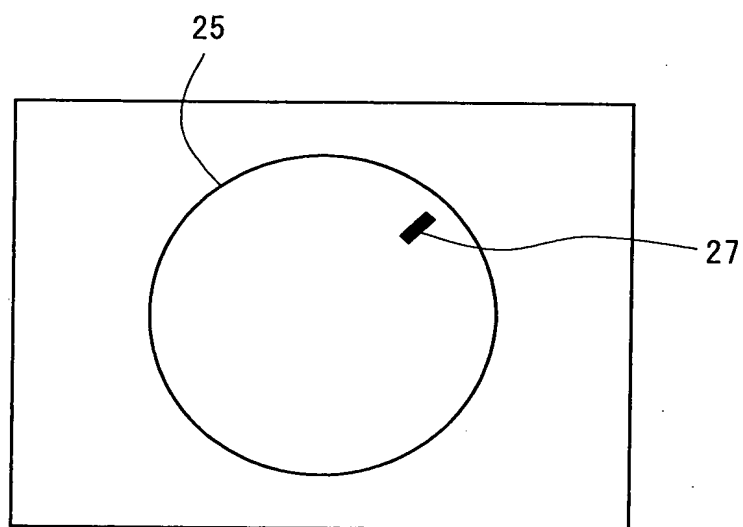


【図 3】

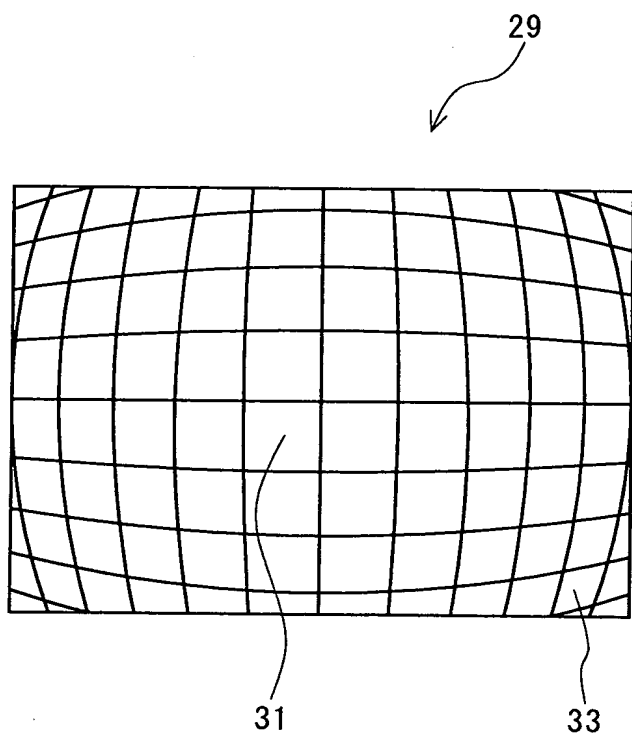
(a)



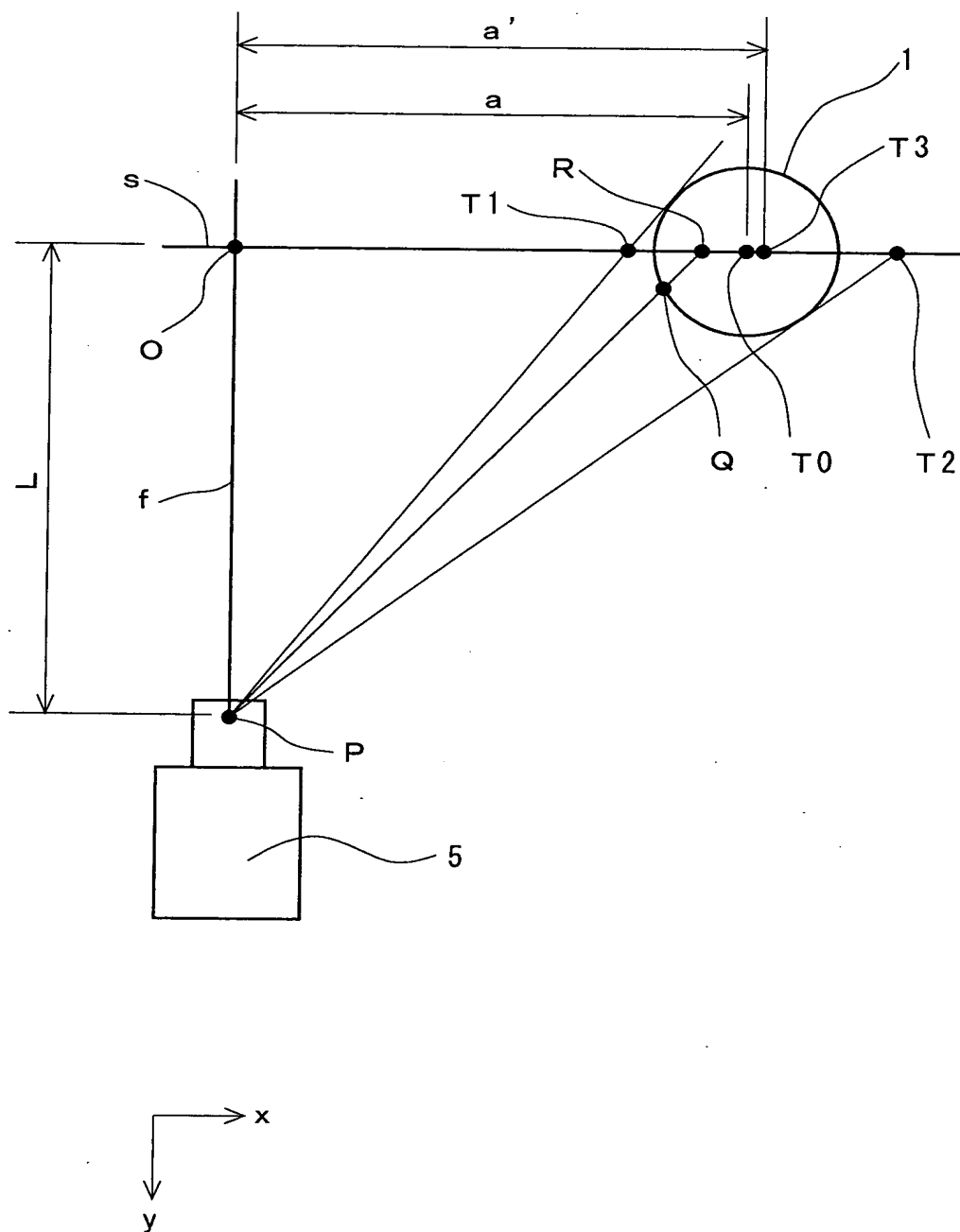
(b)



【図 4】



【図5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 精度よくボールの運動を計測することができる装置の提供。

【解決手段】 ボール運動計測装置は、ゴルフボール 1 を載置するための台 3 と、第一カメラ 5 と、第二カメラ 7 と、一对の第一ストロボ 9 と、一对の第二ストロボ 11 と、一对の光学センサ 13 と、演算部である CPU 15 と、表示部であるモニタ 17 とを備えている。第一カメラ 5 及び第二カメラ 7 は、シャッター機能を備えた CCD カメラである。ゴルフボール 1 が打撃されてから所定時間経過後に第一カメラ 5 で撮影が行われ、さらに所定時間経過後に第二カメラ 7 で撮影が行われる。得られた原画像データから拡大補正画像が形成され、この拡大補正画像のポインティングで得られた読み取り値に歪み補正又は斜視補正がなされて、補正データが得られる。この補正データに基づき、ゴルフボール 1 の飛行速度、スピン速度又は打ち出し角度が算出される。

【選択図】 図 1